

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-116398

(43)Date of publication of application : 15.04.2004

(51)Int.Cl.

F02D 19/08
F02D 9/02
F02D 21/08
F02D 41/02
F02D 41/04
F02D 45/00
F02M 21/02
F02M 25/07

(21)Application number : 2002-280878 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 26.09.2002 (72)Inventor : SHINAGAWA TOMOHIRO

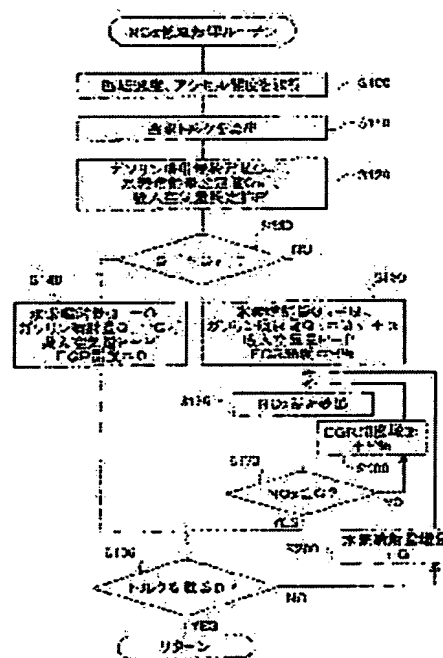
(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE USING HYDROGEN AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a technology for reducing NOx in emission gas while securing sufficient efficiency of an internal combustion engine and preventing inconvenience of increase of hydrogen consumption.

SOLUTION: Gasoline injection quantity and hydrogen injection quantity required for generating request torque are established in controlling a driving condition of an engine (step S120). Each of the injection quantity is established to be a predetermined ratio as a ratio of a condition that quantity of NOx in emission gas is sufficiently low.

Under a low load condition, injection control of gasoline and hydrogen is carried out to actually inject the quantity established above (step S140). Under a high load condition, injection controls are carried out with controlling hydrogen injection quantity at a predetermined upper limit value and EGR is carried out (step S150). At this time, if quantity of NOx exceeds a predetermined value, quantity of EGR gas is increased until NOx is sufficiently reduced (step S160-S180).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

He is a using hydrogen gas as fuel of combustion hydrogen [fuel / hydrocarbon] use internal combustion engine,

Combustion chamber,

The hydrocarbon fuel feed zone which supplies a hydrocarbon fuel to said combustion chamber,

The hydrogen feed zone which supplies hydrogen gas to said combustion chamber,

The supply fuel quantity control section which determines the hydrocarbon fuel amount of supply supplied from said hydrocarbon fuel feed zone, and the hydrogen gas supply volume supplied from said hydrogen feed zone according to a load demand,

The exhaust gas feed zone which supplies a part of internal combustion engine exhaust gas to said combustion chamber

Preparation,

Said supply fuel quantity control section,

When it is assumed that said hydrocarbon fuel amount of supply and said hydrogen gas supply volume are set up according to said load demand so that the rate of said hydrogen gas supply volume to said hydrocarbon fuel amount of supply may serve as a predetermined value When hydrogen gas supply volume becomes below a predetermined upper limit, it considers as the amount which should actually supply said hydrogen gas supply volume and hydrocarbon fuel amount of supply which were set up, and when said hydrogen gas supply volume exceeds said predetermined upper limit, it considers as the hydrogen capacity which should actually supply said predetermined upper limit, Said exhaust gas feed zone supplies said exhaust gas, when said assumption is carried out and said hydrogen gas supply volume exceeds said predetermined upper limit.

Hydrogen use internal combustion engine.

[Claim 2]

He is a hydrogen use internal combustion engine according to claim 1,

It has further the NOx sensor which detects the amount of nitrogen oxides in the exhaust gas discharged from said combustion chamber,

Said exhaust gas feed zone makes said amount of exhaust gas supplied to said combustion chamber increase more, when the amount of nitrogen oxides which said NOx sensor detected exceeds the specified quantity.

Hydrogen use internal combustion engine.

[Claim 3]

He is a hydrogen use internal combustion engine according to claim 1 or 2,

It has further the torque fluctuation detecting element which detects fluctuation of the torque which said internal combustion engine outputs,

Said supply fuel quantity control section makes the actually supplied hydrogen capacity increase further, when the magnitude of the torque fluctuation which said torque fluctuation detecting element detected exceeds a predetermined value.

Hydrogen use internal combustion engine.

[Claim 4]

There is no claim 1 and he is the hydrogen use internal combustion engine of a publication 3 either,

Said hydrogen feed zone supplies the hydrogen gas which does not contain other components substantially.

Hydrogen use internal combustion engine.

[Claim 5]

There is no claim 1 and he is the hydrogen use internal combustion engine of a publication 4 either,

Said hydrocarbon is a gasoline,

Said hydrogen gas supply volume to said hydrocarbon fuel amount of supply comes out comparatively, and said a certain predetermined value is a value which corresponds to 20% or more by the heating-value ratio.

Hydrogen use internal combustion engine.

[Claim 6]

There is no claim 1 and he is the hydrogen use internal combustion engine of a publication 5 either, It has further the inhalation air content control section which controls the amount of inhalation of the air used for combustion so that the air of the amount beforehand defined as conditions whose amounts of nitrogen oxides in said exhaust gas fully decrease may be incorporated according to the amount of supply and hydrogen gas supply volume of said hydrocarbon fuel.

Hydrogen use internal combustion engine.

[Claim 7]

It is a using hydrogen gas as fuel of combustion hydrogen [fuel / hydrocarbon] use internal combustion engine's operating method,

(a) The process which determines the hydrocarbon fuel amount of supply supplied to said internal combustion engine's combustion chamber, and hydrogen gas supply volume according to a load demand,

(b) The process which supplies a hydrocarbon fuel to said combustion chamber according to the decision of the aforementioned (a) process,

(c) The process which supplies hydrogen gas to said combustion chamber according to the decision of the aforementioned (a) process,

(d) The process which supplies a part of exhaust gas discharged by this internal combustion engine under predetermined conditions to said combustion chamber

Preparation,

The aforementioned (a) process,

When it is assumed that said hydrocarbon fuel amount of supply and said hydrogen gas supply volume are set up according to said load demand so that the rate of said hydrogen gas supply volume to said hydrocarbon fuel amount of supply may serve as a predetermined value When hydrogen gas supply volume becomes below a predetermined upper limit When it determines as an amount which should actually supply said hydrogen gas supply volume and hydrocarbon fuel amount of supply which were set up and said hydrogen gas supply volume exceeds said predetermined upper limit, the process determined as hydrogen capacity which should actually supply said predetermined upper limit is included,

The aforementioned (d) process includes the process which supplies said exhaust gas, when said assumption is carried out and said hydrogen gas supply volume exceeds said predetermined upper limit.

A hydrogen use internal combustion engine's operating method.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the hydrogen use internal combustion engine which uses hydrogen gas with a hydrocarbon fuel as a fuel of combustion, and its operating method.

[0002]

[Description of the Prior Art]

Since the thin limitation in a combustion reaction can be made to expand by supplying hydrogen gas further in addition to a gasoline, it is known for the internal combustion engine using a gasoline as a fuel that the further reduction of the nitrogen oxides (NOx) in exhaust gas will be attained. Thus, if hydrogen is added and lean combustion is performed, when combustion temperature falls, the energy loss by the thermal emission in an internal combustion engine will decrease, and the effectiveness that an internal combustion engine's effectiveness improves will also be acquired. Moreover, when performing lean combustion, in order to open a throttle valve more greatly, the energy loss at the time of an internal combustion engine performing inhalation of air (pumping loss) can be reduced, and the effectiveness of the improvement in effectiveness of an internal combustion engine is acquired by this. Thus, when supplying hydrogen further as a fuel in addition to a gasoline and aiming at reduction of NOx, it is known that extent of NOx reduction will fully be securable by enlarging the rate of the hydrogen amount of supply above to some extent.

[0003]

The method of carrying out recycling (exhaust gas recirculation, EGR) of the exhaust gas discharged from a combustion chamber to an inspired air flow path as other approaches for reducing NOx in the exhaust gas discharged by the internal combustion engine is also learned. Since combustion temperature falls by carrying out recycling of the exhaust gas to an inspired air flow path, the amount of NOx in exhaust gas is reduced. Moreover, in case such EGR is performed, it is indicated by carrying out to the actuation in which an air-fuel ratio supplies hydrogen to the bottom of a certain condition which takes a predetermined value in addition to a gasoline, and coincidence that the further reduction of the amount of exhaust gas NOx may be attained (for example, patent reference 1 reference).

[0004]

[Patent reference 1]

JP,10-306750,A

[Patent reference 2]

JP,59-43939,A

[Patent reference 3]

JP,53-70219,A

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, if hydrogen tends to be supplied at a sufficient rate to the amount of supply gasolines and it is going to reduce the amount of NOx in exhaust gas when aiming at NOx reduction by supplying hydrogen, it will be necessary for the time when a load demand is larger to increase the hydrogen amount of supply. Therefore, when a limitation is in the amount of hydrogen (it can carry) which a

load effect can be large and can prepare, in order to secure flight range like [in the case of using a gasoline engine as a source of power for a car drive], stopping the consumption of hydrogen as much as possible is called for. Moreover, when NOx reduction was aimed at by EGR, by supplying exhaust gas to an inspired air flow path, combustion became unstable, operability got worse, or the output declined, and there was a possibility of causing decline in effectiveness.

[0006]

It aims at offering the technique for preventing un-arranging [which it is called increase of hydrogen consumption] while it reduces NOx in exhaust gas, fully securing [this invention is made in order to solve the conventional technical problem mentioned above, and] the effectiveness in an internal combustion engine.

[0007]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness]

In order to attain the above-mentioned purpose, this invention is a hydrogen use internal combustion engine which uses hydrogen gas with a hydrocarbon fuel as a fuel of combustion,

Combustion chamber,

The hydrocarbon fuel feed zone which supplies a hydrocarbon fuel to said combustion chamber,

The hydrogen feed zone which supplies hydrogen gas to said combustion chamber,

The supply fuel quantity control section which determines the hydrocarbon fuel amount of supply supplied from said hydrocarbon fuel feed zone, and the hydrogen gas supply volume supplied from said hydrogen feed zone according to a load demand,

The exhaust gas feed zone which supplies a part of internal combustion engine exhaust gas to said combustion chamber

Preparation,

Said supply fuel quantity control section,

When it is assumed that said hydrocarbon fuel amount of supply and said hydrogen gas supply volume are set up according to said load demand so that the rate of said hydrogen gas supply volume to said hydrocarbon fuel amount of supply may serve as a predetermined value When hydrogen gas supply volume becomes below a predetermined upper limit, it considers as the amount which should actually supply said hydrogen gas supply volume and hydrocarbon fuel amount of supply which were set up, and when said hydrogen gas supply volume exceeds said predetermined upper limit, it considers as the hydrogen capacity which should actually supply said predetermined upper limit, Said exhaust gas feed zone makes it a summary to supply said exhaust gas, when said assumption is carried out and said hydrogen gas supply volume exceeds said predetermined upper limit.

[0008]

In order to supply hydrogen gas to an internal combustion engine in addition to a hydrocarbon fuel so that the rate of hydrogen gas supply volume to the hydrocarbon fuel amount of supply may serve as a predetermined value when such a configuration, then a load demand are comparatively small, it becomes possible to perform lean combustion and to fully reduce the amount of NOx in exhaust gas. Furthermore, by performing lean combustion, the energy loss and pumping loss by thermal emission can be reduced, and an internal combustion engine's effectiveness can be raised. Moreover, since hydrogen gas supply volume is made into a predetermined upper limit when a load demand is comparatively large, the consumption of hydrogen gas can be stopped. And when a load demand is comparatively large in this way, reduction becomes possible enough about the amount of NOx in exhaust gas by performing EGR further. Thus, also when performing EGR, by supplying hydrogen gas further in addition to a hydrocarbon fuel, it becomes possible to burn by being stabilized in the Lean condition, and the effectiveness of raising the above-mentioned internal combustion engine's effectiveness can be acquired.

[0009]

In the hydrogen use internal combustion engine of this invention,

It has further the NOx sensor which detects the amount of nitrogen oxides in the exhaust gas discharged from said combustion chamber,

Said exhaust gas feed zone is good also as making said amount of exhaust gas supplied to said combustion chamber increase more, when the amount of nitrogen oxides which said NOx sensor detected exceeds the specified quantity.

[0010]

When such a configuration, then a load demand are comparatively large, reduction becomes possible enough about the amount of NO_x in exhaust gas by making [many / enough] the amount of exhaust gas supplied to a combustion chamber. Even if it increases the amount of exhaust gas which performs EGR until the amount of NO_x in exhaust gas is fully reduced in order to supply hydrogen gas further to a combustion chamber at this time in addition to a hydrocarbon fuel, it becomes possible to maintain a good combustion condition.

[0011]

Moreover, it sets to the hydrogen use internal combustion engine of this invention, It has further the torque fluctuation detecting element which detects fluctuation of the torque which said internal combustion engine outputs, Said supply fuel quantity control section is good also as making the actually supplied hydrogen capacity increase further, when the magnitude of the torque fluctuation which said torque fluctuation detecting element detected exceeds a predetermined value.

[0012]

When originate inconvenient, and it runs short or an certain amount of exhaust gas supplied to a combustion chamber becomes [the amount of the hydrocarbon fuel supplied to such a configuration, then a combustion chamber, or hydrogen gas] superfluous, even if a combustion condition may get worse, such a combustion condition is improvable immediately.

[0013]

In the hydrogen use internal combustion engine of this invention, Said hydrogen feed zone is good also as supplying the hydrogen gas which does not contain other components substantially.

[0014]

Since there is no possibility that such a configuration, then other components may worsen a combustion condition, even if it is in a Lean condition (an air-fuel ratio is high), it becomes possible to make it burn convenient and it becomes possible to fully acquire the effectiveness of reducing NO_x in exhaust gas by raising an air-fuel ratio in this way. Here, for example, hydrogen concentration can use the hydrogen gas which does not contain other components substantially as the hydrogen gas which is 90% or more.

[0015]

In the hydrogen use internal combustion engine of this invention, Said hydrocarbon is a gasoline, Said hydrogen gas supply volume to said hydrocarbon fuel amount of supply comes out comparatively, and said a certain predetermined value is good also as being the value which corresponds to 20% or more by the heating-value ratio.

[0016]

When the rate of such a configuration, then the hydrogen capacity to the actually supplied hydrocarbon fuel quantity supplied in fact becomes 20% or more by the heating-value ratio, it becomes possible to make the amount of NO_x in exhaust gas into zero substantially.

[0017]

In the hydrogen use internal combustion engine of this invention, It is good also as having further the inhalation air content control section which controls the amount of inhalation of the air used for combustion so that the air of the amount beforehand defined as conditions whose amounts of nitrogen oxides in said exhaust gas fully decrease may be incorporated according to the amount of supply and hydrogen gas supply volume of said hydrocarbon fuel.

[0018]

Thus, by controlling an inhalation air content, the effectiveness which reduces the amount of NO_x in exhaust gas can fully be heightened. What is necessary is just to set up an inhalation air content so that an air-fuel ratio may become high more in the range in which the combustion reaction in a combustion chamber advances convenient in order to lessen the amount of NO_x in exhaust gas more. Thus, in case an inhalation air content is controlled, it is desirable to control so that the amount of NO_x for example, in exhaust gas becomes in kWh and 1g /or less.

[0019]

It can realize with various gestalten other than the above, for example, this invention can be realized with gestalten, such as an internal combustion engine's operating method.

[0020]

[Embodiment of the Invention]

Next, the gestalt of operation of this invention is explained in order of the following based on an example.

A. The whole equipment configuration :

B. Actuation of operation :

C. Effectiveness :

D. Modification :

[0021]

A. Configuration of equipment :

Drawing 1 is the explanatory view showing the outline configuration of the engine 10 equipped with the control device which is one example of this invention. The engine makes it the principle of operation to burn a fuel in a combustion chamber, to change into mechanical work the heat of combustion then generated, and to output as power as everyone knows. The engine 10 shown in drawing 1 is carried in the car as a source for a drive of a car of power, and forms a combustion chamber at the cylinder block 11 with which the cylinder-like cylinder was prepared, the cylinder head 20 attached to the upper part of a cylinder block 11, and the piston 12 attached possible [sliding] inside the cylinder.

[0022]

The combustion pressure sensor 42 for detecting the combustion pressure of a combustion chamber is formed in the cylinder block 11. Moreover, the inlet valve 22 for inhaling air to a combustion chamber, the exhaust valve 21 for discharging exhaust gas from a combustion chamber, the ignition plug 23, and the injector 35 for injecting a fuel are formed in the cylinder head 20. An injector 35 is a solenoid valve in which a closing motion drive is carried out by energization control and which injects a fuel. The pressure sensor 57 is put side by side in this injector 35, and the fuel pressurized by the predetermined pressure with the gasoline high pressure pumping 58 is supplied. It evaporates in a combustion chamber, it mixes with the air introduced through an inlet valve 22, and the fuel injected from the injector 35 forms gaseous mixture. Moreover, the inlet manifold 30 for leading air to a combustion chamber and the exhaust manifold 16 for drawing the exhaust gas discharged from the combustion chamber are attached in the cylinder head 20.

[0023]

The inlet manifold 30 is connected to the air cleaner 34 through the surge tank 31 and the inhalation-of-air path 32. A foreign matter is removed by the element prepared in the air cleaner in case the open air passes an air cleaner 34. The air flow meter 33 for detecting an inhalation air content is formed in the inhalation-of-air path 32 of the downstream of an air cleaner 34. Moreover, at the inhalation-of-air path 32, EGR valve 38 for introducing the exhaust gas discharged from the combustion chamber is formed between the air flow meter 33 and the surge tank 31. Although it is carrying out recycling of the exhaust gas discharged from a combustion chamber to an inspired air flow path in EGR as mentioned already, actuation of EGR performed by this example is explained in detail later. Furthermore, at the inhalation-of-air path 32, the hydrogen injector 39 for injecting hydrogen gas is attached between EGR valve 38 and the surge tank 31. The hydrogen injector 39 is connected with the hydrogen tank 50 which stores hydrogen through the hydrogen passage 54. While a hydrogen pump 52 is formed in the hydrogen passage 54, the pressure sensor is formed in the connection of a hydrogen tank 50 and the hydrogen passage 54, and the hydrogen pressurized by place constant pressure with the hydrogen pump 52 is supplied to the hydrogen injector 39. The hydrogen injector 39 is a solenoid valve in which a closing motion drive is carried out by energization control and which injects hydrogen. It mixes with the air in the inhalation-of-air path 32, and the hydrogen injected from the hydrogen injector 39 is supplied to a combustion chamber.

[0024]

In the inlet manifold 30 of the downstream of a surge tank 31, the throttle valve 36 for adjusting the air content which flows into a combustion chamber is formed. The closing motion drive of this throttle valve 36 is carried out by the throttle motor 37, and a desired inhalation air content is

realized in an engine 10.

[0025]

An exhaust manifold 16 is connected to the catalytic converter 54 while it is equipped with the NOx sensor 59. The nitrogen oxides (NOx) generated when the nitrogen in air reacts are contained in the exhaust gas discharged from an engine 10, and the NOx sensor 59 detects the amount of NOx in exhaust gas. The catalytic converter 54 is equipped with the catalyst for purifying the exhaust gas discharged from an engine 10. That is, while oxidizing the hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) which are an incomplete combustion component in exhaust gas, it has the three way component catalyst which returns Above NOx. The exhaust gas purified by work of this catalyst with the catalytic converter 54 is discharged in atmospheric air.

[0026]

Furthermore, the EGR passage 44 which is the passage which branches from here is established in the exhaust manifold 16. It is selectable in the operational status to which a part of exhaust gas which is discharged from a combustion chamber to a combustion chamber with the engine 10 of this example in addition to the inhalation air adopted from the outside is made to return (EGR). A part of exhaust gas is supplied in the inhalation-of-air path 32 from EGR valve 38 mentioned already through the above-mentioned EGR passage 44, and it is mixed by inhalation air. By performing valve-opening control of this EGR valve 38, the capacity (the amount of EGR gas) made to return to a combustion chamber is adjusted.

[0027]

The piston 12 is connected to the crankshaft 17 through the crank chain. If a crankshaft 17 rotates, rotation will be changed into a both-way rectilinear motion by work of a crank chain, and a piston 12 will slide on the inside of a cylinder up and down by it. Moreover, the motion to which a piston 12 moves up and down is changed into rotation of a crankshaft 17 according to a crank chain. An exhaust valve 21 is closed, and if a piston 12 descends where an inlet valve 22 is opened, the air and the fuel in an inlet manifold 30 will flow into a combustion chamber from an inlet valve 22. Subsequently, an inlet valve 22 is closed, a piston 12 is raised, and if a spark is flown from an ignition plug 23 after compressing the inhaled gaseous mixture, the gaseous mixture compressed by the piston 12 will burn explosively, and will depress a piston 12 caudad. This force is changed into rotation and outputted by the crank chain as power from a crankshaft 17. The sensor 41 is formed at the tip of a crankshaft 17 whenever [for detecting the rotation location of a crankshaft / crank angle].

[0028]

An electronic control unit (the following, ECU) 40 controls actuation of the whole engine 10 of fuel-injection control, ignition timing control or EGR control, etc., etc. This ECU40 is the logic operation circuit from which the bus connected mutually and which a central processing unit (the following, CPU), ROM and RAM, an I/O circuit, etc. consisted of by it.

[0029]

ECU40 detects various service conditions, such as accelerator opening which the operator operated, an engine rotational speed, and an inhalation air content, and such control by ECU40 is performed according to the various programs stored in ROM by driving the throttle motor 37, an ignition plug 23, an injector 35, the hydrogen injector 39, etc. Accelerator opening is detected by the accelerator opening sensor 44 formed in the accelerator pedal. An engine speed is computed based on the detecting signal of a sensor 41 whenever [crank angle / which was prepared in the crankshaft 17 mentioned already]. Moreover, an inhalation air content is calculated based on the detecting signal of the air flow meter 33 formed in the inhalation-of-air path 32.

[0030]

Fuel-injection control is control for maintaining at a suitable value the ratio (air-fuel ratio) of the air of gaseous mixture and the fuel which are formed in a combustion chamber by injecting a suitable quantity of a fuel according to the air content introduced into a combustion chamber. In addition, the amount of hydrogen injected from the hydrogen injector 39 as control of fuel oil consumption with the amount of gasolines injected from an injector 35 is controlled by this example.

[0031]

Ignition timing control is control for flying a spark to suitable timing to compensate for a rise of a

piston 12. EGR control is control for reducing NOx in exhaust gas by making the specified quantity of the exhaust gas discharged from a combustion chamber return to a combustion chamber.

[0032]

B. Actuation of operation :

Drawing 2 is a flow chart showing the NOx reduction manipulation routine repeatedly performed during operation of the engine 10 of this example in ECU40 with a predetermined period. If this routine is performed, ECU40 will acquire the rotational speed and accelerator opening of an engine 10 first (step S100). an engine -- ten -- rotational speed -- and -- an accelerator -- opening -- acquiring -- if -- ECU -- 40 -- this -- being based -- an engine -- ten -- it can set -- a demand -- torque -- computing (step S110) -- a gasoline injection -- an amount -- hydrogen -- the injection quantity -- inhalation -- an air content -- respectively -- QG -- ' (cc/st) -- QH -- ' (cc/st) -- P -- ' -- setting up (step S120) .

[0033]

Drawing 3 is drawing showing the result of having injected a gasoline and hydrogen by various quantitative ratios, and having investigated the amount of NOx in the exhaust gas at that time, in the same engine as an example. In drawing 3 , when an inhalation air content is changed in the monograph affair in which the quantitative ratio of a gasoline and water was changed, respectively and the NOx concentration in exhaust gas becomes the lowest, measured value when an inhalation air content (air-fuel ratio) becomes the optimal is made into the amount of NOx in exhaust gas in the condition. Therefore, in each measurement result shown in drawing 3 , the air-fuel ratio at the time of measurement is not necessarily the same. The optimum value of an inhalation air content is explained further. If hydrogen is further supplied to an engine in addition to a gasoline, with a higher air-fuel ratio, it will be convenient and advance of a combustion reaction will be attained. If it is the range where a combustion reaction advances convenient at this time, when combustion temperature falls, reduction of the direction to which the air content was made to increase as much as possible will be attained in the amount of NOx in exhaust gas. However, if an air content is made superfluous, un-arranging, such as a flame failure, will come to arise. Therefore, with the optimum value of an inhalation air content, it can regard as maximum of the inhalation air content in the range in which a combustion reaction advances convenient.

[0034]

As shown in drawing 3 , when adjusting an inhalation air content (air-fuel ratio) to an optimum value, the amount of NOx in exhaust gas can be substantially made into zero at the time of the value from which the rate of hydrogen to a gasoline corresponds to 30% or more (the percentage of the heating value of hydrogen to total heat is 22% or more) by the heating-value ratio. Therefore, in this example, in step S120, amount set point QG of gasoline injections' and hydrogen injection-quantity set point QH' are defined so that the rate of the hydrogen injection quantity to the amount of gasoline injections may become 30% by the heating-value ratio.

[0035]

In this example, the demand torque in an engine 10, and the amount of gasoline injections corresponding to this, the hydrogen injection quantity and an inhalation air content are beforehand memorized as a map in ECU40. That is, the optimum value of fuel quantity (the amount of gasoline injections and hydrogen injection quantity from which a heating-value ratio serves as the above-mentioned value) required in order to change heat energy into mechanical work with an engine 10 and to acquire predetermined demand torque, and the inhalation air content at this time is beforehand memorized to demand torque. As described above, the optimum value of an inhalation air content is a value defined experimentally. At step 120, amount set point QG of gasoline injections', hydrogen injection-quantity set point QH', and inhalation air content set point P' are defined with reference to the above-mentioned map based on the demand torque computed at step S110.

[0036]

Next, hydrogen injection-quantity QH' set up at step S120 is compared with the predetermined reference value Q0 (cc/st) (step S130). It is a reference value Q0 here. It is the value which set up beforehand as a upper limit of the hydrogen injection quantity, and was made to memorize in ECU40.

[0037]

a step -- S -- 130 -- setting -- hydrogen -- the injection quantity -- the set point -- QH -- ' -- a reference value -- Q -- zero -- the following -- it is -- ** -- judging -- having had -- the time -- **** -- hydrogen -- the injection quantity -- QH (cc/st) -- a gasoline injection -- an amount -- QG -- and (cc/st) -- inhalation -- an air content -- P -- each -- a step -- S -- 120 -- having set up -- QH -- ' -- QG -- ' -- and -- P -- ' -- determining . Moreover, the opening (EGR opening) of EGR valve 38 is determined as zero, and the amount of EGR gas is determined as zero. And to the hydrogen injector 39, an injector 35, the throttle motor 37, and EGR valve 38, a driving signal is outputted so that the injection quantity and capacity may serve as the above-mentioned value (above, step S140). In addition, corresponding to the rotational speed in an engine 10, the throttle opening for considering as a predetermined inhalation air content is set up experimentally beforehand, and is memorized as a map in ECU40. Therefore, based on the inhalation air content P determined as the engine speed detected at step S100 at step S120, by referring to the above-mentioned map, throttle opening is determined and the throttle motor 37 is driven at step S140.

[0038]

In step S140, if a driving signal is outputted as mentioned above, it will shift to step S180 and torque will be detected. This processing not more than step S180 is explained later.

[0039]

It sets to step S130 and hydrogen injection-quantity set point Q' is the predetermined reference value Q0. If it is judged that it is large, it is the hydrogen injection quantity QH. The above-mentioned reference value Q0 It is determined. Moreover, the amount QG of gasoline injections It is decided that it will be a bigger value than amount set point QG of gasoline injections' set up at step S120 ($QG = QG' + \alpha$). In order to acquire the demand torque which increased and computed alpha to amount set point QG of gasoline injections' which is a part at step S110 here, it is for amending the amount of gasoline injections. Namely, hydrogen injection quantity QH Q0 [smaller than hydrogen injection-quantity set point QH'] Reduction of the output energy by having stopped is increased for compensating by the increment in the amount of gasoline injections, and it is a part. Moreover, the inhalation air content P is determined as P' set up at step S120. Furthermore, the opening of EGR valve 38 is determined to B% which is the predetermined opening defined beforehand. And to the hydrogen injector 39, an injector 35, the throttle motor 37, and EGR valve 38, a driving signal is outputted so that the injection quantity and capacity may serve as the above-mentioned value (above, step S150). In addition, control of an inhalation air content is performed by determining throttle opening with reference to a predetermined map based on the inhalation air content P determined as the detected engine speed like step S140.

[0040]

In addition, although [the above-mentioned explanation] either step S140 or the step S150 is performed after step S120 and step S130, these processes are not necessarily performed separately in fact, respectively. It is the upper limit of the hydrogen injection quantity from the beginning as a map for defining the hydrogen injection quantity with an engine 10, based on demand torque so that these decision may be performed to coincidence Q0 The map pressed down and set up is prepared. That is, when the rate of the hydrogen injection quantity to the amount of gasoline injections is made 30% by the heating-value ratio, hydrogen injection-quantity QH' is a reference value Q0. When exceeding, as hydrogen injection quantity, it is Q0. The map on which the amount which compensates the hydrogen injection quantity as an amount of gasoline injections, and becomes realizable [demand torque] is memorized, respectively is prepared. And it is the hydrogen injection quantity QH in this way. Reference value Q0 To the demand torque set up, it is the hydrogen injection quantity QH at that time also about the inhalation air content P. The amount QG of gasoline injections The amount to which it responded is memorized. Furthermore, the thing in case EGR opening is B % is memorized as a map for setting up throttle opening based on an engine speed, and it is the hydrogen injection quantity QH. Reference value Q0 When set up, throttle opening is set up with reference to this map.

[0041]

Next, a detecting signal is acquired from the NOx sensor 59 (step S160), and it compares with the amount of NOx in the detected exhaust gas, and the predetermined reference value C (ppm) (step S170). Here, the predetermined reference value C is a upper limit permissible as an amount of NOx

in exhaust gas, and it sets up beforehand and memorizes to ECU40.

[0042]

In step S170, if the amount of NO_x in exhaust gas is judged to be below the predetermined reference value C, it will shift to step S180 and torque will be detected. This processing not more than step S180 is explained later.

[0043]

In step S170, if the amount of NO_x in exhaust gas is judged to be larger than the predetermined reference value C, it will determine anew as opening which added F % of augend to B % of opening which determined EGR opening at step S150 (step S180). Here, F % of augend is the value set up beforehand as the minimum augend of the EGR opening at the time of making the amount of EGR gas increase. Thus, if EGR opening is determined anew and EGR valve 38 is driven, it will return to step S160 after that, and processing not more than step S160 will be repeated. Thus, if the amount of EGR gas made to return to a combustion chamber is increased, the NO_x concentration in exhaust gas will fall because combustion temperature falls. Therefore, the control which enlarges EGR opening by a unit of F% is repeated here until the amount of NO_x in exhaust gas becomes below the above-mentioned reference value C. In addition, since an air-fuel ratio changes by making EGR opening increase in step S180, the configuration which amends an inhalation air content is also possible. Moreover, since the correspondence relation between an engine speed, an inhalation air content, and throttle opening also changes by making EGR opening increase, it is also possible to perform amendment to this. However, the very small value is set up, and since the F % of the above-mentioned augend has little effect to an inhalation air content, it supposes that amendment of an inhalation air content (throttle opening) is not performed in this example.

[0044]

After it is judged that the amount of NO_x is below the reference value C after step S140 or in step S170, the output torque in an engine 10 is detected and the magnitude of torque fluctuation is compared with a reference value D (Nm) (step S190). Torque fluctuation will become large if trouble is in the combustion condition in an engine 10. A reference value D is beforehand set up as a reference value for judging that the combustion condition in an engine 10 is advancing convenient, and is memorized to ECU40.

[0045]

Here, detection of the output torque in an engine 10 is explained. With the engine 10, torque is detected by measuring an engine rotational speed. Drawing 4 is used for below and the principle of torque detection is briefly explained to it. Drawing 4 is the explanatory view having shown signs that an engine rotational speed and an engine output torque changed in the so-called 4-cylinder engine equipped with four combustion chambers. An engine rotational speed is changed with whenever [crank angle] in fact, even when the engine is operated by the steady state. While that such fluctuation arises differs in a phase little by little in each combustion chamber, an inhalation-of-air line depends a compression stroke and an expansion line on being carried out [like an exhaust air line]. Drawing 4 (A) shows signs that an engine speed is changed to whenever [crank angle]. Drawing 4 (B) shows signs that an output torque is changed to whenever [crank angle]. Moreover, four processes about a No. 1 gas column and the pressure of the combustion chamber about each gas column are shown in drawing 4 (C). In each gas column, it will be in the condition that only the beginning like an expansion line outputs energy, and others will be in the condition of consuming energy. Therefore, in connection with one of gas columns entering like an expansion line, the output torque of an engine 10 increases and an engine speed goes up by this. Therefore, an output torque is computable based on the rate of change of an engine speed. When a combustion reaction advances convenient, an engine speed and an output torque are settled into the predetermined range of fluctuation, and are changed. However, when fault arises in the combustion condition, an output torque comes to show the unusual fluctuation exceeding the above-mentioned predetermined range of fluctuation by not outputting desired energy in the gas column which abnormalities produced. When the difference in the engine speed measured by two corresponding to whenever [predetermined crank angle] is searched for in fact and this difference becomes beyond a predetermined value, it can be judged that the magnitude of torque fluctuation became beyond the predetermined reference value. In addition, the output torque of an engine 10 is good also as

detecting based on an engine speed, and also detecting based on the detecting signal of the combustion pressure sensor 42, or preparing a torque sensor, and carrying out direct detection.

[0046]

In step S190, when the magnitude of torque fluctuation is judged to be below the reference value D, this routine is ended. Moreover, in step S190, when the magnitude of torque fluctuation is judged to exceed a reference value D, the value which added Augend G (cc/st) to the hydrogen injection quantity determined at the previous process is newly determined as hydrogen injection quantity (step S200). That is, when this step S200 is the process after it is decided in step S140 that it will be hydrogen injection-quantity $QH = QH'$, it is redecided anew that it will be hydrogen injection-quantity $QH = QH' + G$. Moreover, this step S200 sets to step S150, and is hydrogen injection-quantity $QH = Q0$. In being the process after determining, it redecides anew that it will be hydrogen injection-quantity $QH = Q0 + G$. Here, Augend G is the value set up beforehand as the minimum augend at the time of making the hydrogen injection quantity increase. Since it is thought that un-arranging has arisen in the combustion condition as mentioned already, that torque fluctuation is large is aiming at the improvement of a combustion condition by increasing the quantity of the hydrogen injection quantity in this example.

[0047]

It sets to step S200 and is the hydrogen injection quantity QH. If it increases, next, it will return to step S160, and processing not more than step S160 will be performed. Although it is thought that fuel quantity is secured by making the hydrogen injection quantity increase, and a combustion condition improves, since a combustion chamber will be in a more rich condition, it has a possibility that the NOx concentration in exhaust gas may rise. Therefore, after making the hydrogen injection quantity increase in step S200, the amount of NOx in exhaust gas is detected, and it checks whether the amount of NOx in exhaust gas is tolerance. When the amount of NOx in exhaust gas exceeds a permissible dose, reduction of the amount of NOx in exhaust gas is aimed at by making the quantity of the amount of EGR gas made to return increase. Thus, when the fault of the magnitude of torque fluctuation improves by the increment in the hydrogen injection quantity and there is an increment in the amount of NOx by this, the amount of NOx is improved by the increment in the amount of EGR gas. This routine will be ended if the magnitude of torque fluctuation finally becomes below the reference value D in step S190.

[0048]

C. Effectiveness :

According to the engine 10 of this example constituted as mentioned above, the improvement in effectiveness and the NOx reduction in exhaust gas are realizable, stopping the consumption of hydrogen. That is, since hydrogen is used as a fuel in addition to a gasoline, it can burn in the Lean condition and NOx in exhaust gas can be reduced. Moreover, as mentioned already, the energy loss and pumping loss by thermal emission can be suppressed, and an internal combustion engine's effectiveness can be raised. When it is in a low loading condition (demand torque below a predetermined value) at this time, the amount of NOx in exhaust gas can be extremely lessened by using the amount of gasoline injections, and the hydrogen injection quantity by the predetermined quantitative ratio. Moreover, in a heavy load condition (demand torque exceeds a predetermined value), since the amount of supply of hydrogen is made into a predetermined upper limit, the consumption of hydrogen can be stopped. And the amount of NOx in exhaust gas can be lessened enough by performing EGR further. Therefore, stopping the consumption of hydrogen as a whole, even if it is the case where a load is changed sharply, it can maintain at a condition with enough few amounts of NOx in exhaust gas, and the condition that an internal combustion engine's effectiveness is high enough can be maintained.

[0049]

D. Modification :

In addition, this invention can be carried out in various modes in the range which is not restricted to the above-mentioned example and does not deviate from that summary, for example, the following deformation is also possible for it.

[0050]

D1. modification 1 :

A different rate may be set up, although the rate of the hydrogen injection quantity to the amount of gasoline injections was made into the value which corresponds to 30% by the heating-value ratio in the above-mentioned example in order to make the amount of NOx in exhaust gas into zero almost certainly. For example, a lower value may be set up so that it may become the value which corresponds to 20% or 25% by the above-mentioned heating-value ratio. When actual especially a load (demand torque in an engine) is small, even if it makes the rate of the hydrogen injection quantity lower, it becomes possible to usually fully bring the amount of NOx in exhaust gas close to zero.

[0051]

D2. modification 2 :

Although loaded condition is divided into two steps of a low loading condition and a heavy load condition in the above-mentioned example in case control which reduces the amount of NOx in exhaust gas is performed, it is good also as dividing loaded condition into much more phases. For example, you may control by dividing loaded condition into the three-stage of a low loading condition, inside loaded condition, and a heavy load condition. That is, the injection quantity is defined in a low loading condition, and reduction of the amount of NOx is aimed at it so that an output of desired torque may be possible and the rate of the hydrogen injection quantity to the amount of gasoline injections may serve as a predetermined value (for example, 30%) like the low loading condition of an example. And at the time of inside loaded condition, the hydrogen injection quantity is held down to the 1st upper limit, the amount of gasoline injections is determined, and EGR is performed so that the amount of NOx may fully be reduced. In a heavy load condition, the hydrogen injection quantity is held down to the 2nd bigger upper limit than the 1st upper limit of the above, the amount of gasoline injections is determined, and EGR is performed so that the amount of NOx may fully be reduced. Two or more steps of upper limits of such a configuration, then the hydrogen injection quantity can be prepared, and the effectiveness of stopping the consumption of hydrogen can be further heightened by performing EGR efficiently. What is necessary is just to set up the upper limit of the hydrogen injection quantity in a heavy load condition convenient as an amount which can advance a combustion reaction at the time of the maximum load, even if it increases the amount of EGR gas until the amount of NOx fully decreases. Therefore, it becomes possible to reduce hydrogen consumption as a whole by using the 1st upper limit which is a value smaller than such a upper limit defined according to the maximum load at the time of inside loaded condition.

[0052]

D3. modification 3 :

After making the hydrogen injection quantity increase at step S200, although [an example] the amount of NOx in exhaust gas is detected and EGR opening is adjusted if needed, the configuration which does not perform detection of the amount of NOx is also possible for after step S200. The amount of hydrogen additions required in order that this may suppress torque fluctuation is usually based on things very only, so that it does not influence A/F (ratio of an air content and fuel quantity). Thus, the hydrogen augend G is set as the very small value which does not influence A/F, it is possible to improve a combustion condition and NOx augend in the exhaust gas at this time can be considered as the disregarded configuration. In this case, what is necessary is just to suppose that it returns to step S190 and the magnitude of torque fluctuation is checked again after making the hydrogen injection quantity increase at step S200.

[0053]

D4. modification 4 :

Although [an example] a three way component catalyst is arranged in an exhaust side, it is good also as replacing with a three way component catalyst and using an oxidation catalyst. Since it was necessary to cut down the amount of EGR gas in order to secure combustion to reduce NOx by EGR conventionally, it was difficult to reduce the amount of NOx even on sufficient level. Therefore, NOx was usually further reduced with the latter three way component catalyst. When securing combustion by hydrogenation based on this invention, it is possible to use the EGR gas of an amount enough so that reduction may become possible enough about NOx. Therefore, NOx can fully be reduced, without being based on a latter-part catalyst. In addition, although HC contains in exhaust

gas also in this case, since what is necessary is just to use not a three way component catalyst but an oxidation catalyst, it is easily applicable to the internal combustion engine which performs lean combustion as mentioned above.

[0054]

D5. modification 5 :

Various deformation is possible, although [an example] a gasoline is injected to a combustion chamber (direct injection) and hydrogen is injected in the inhalation-of-air path 32 (port injection). It is also possible to choose any of direct injection and port injection about each of the injection location of a gasoline and the injection location of hydrogen.

[0055]

Moreover, although the supply location of EGR gas was made into the upstream rather than the surge tank 31 and the mixed state of EGR gas and air is secured in the example, it is good also as supplying EGR gas from a different location. Supplying EGR gas from the downstream more, then the gas temperature introduced into a combustion chamber can be raised more, and improvement in fuel consumption can be aimed at.

[0056]

D6. modification 6 :

In order to supply hydrogen to a combustion chamber, although [an example] it has a hydrogen tank 50, it is good also as supplying the hydrogen which reformed and generated the gasoline to a combustion chamber. However, hydrogen concentration is about 21% and reformed gas usually contains CO and nitrogen further. If CO is used as a fuel of combustion, it will lead to decline in combustion efficiency. Moreover, it becomes the same as putting hydrogen and EGR into coincidence to supply the reformed gas containing nitrogen (inert gas) to a combustion chamber. Therefore, when a load is comparatively small, in order to more fully acquire the effectiveness of raising effectiveness by adding hydrogen, when using reformed gas, it is desirable to perform the process which removes CO or raises hydrogen purity, before supplying an internal combustion engine.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view showing the outline configuration of the engine 10 equipped with the control device which is one example of this invention.

[Drawing 2] It is a flow chart showing an NOx reduction manipulation routine.

[Drawing 3] It is drawing showing the result of having injected a gasoline and hydrogen by various quantitative ratios, and having investigated the amount of NOx in the exhaust gas at that time.

[Drawing 4] In a 4-cylinder engine, it is the explanatory view having shown signs that an engine rotational speed and an engine output torque changed.

[Description of Notations]

- 10 -- Engine
- 11 -- Cylinder block
- 12 -- Piston
- 16 -- Exhaust manifold
- 17 -- Crankshaft
- 20 -- Cylinder head
- 21 -- Exhaust valve
- 22 -- Inlet valve
- 23 -- Ignition plug
- 30 -- Inlet manifold
- 31 -- Surge tank
- 32 -- Inhalation-of-air path
- 33 -- Air flow meter
- 34 -- Air cleaner
- 35 -- Injector
- 36 -- Throttle valve
- 37 -- Throttle motor
- 38 -- EGR valve

39 -- Hydrogen injector
40 -- ECU
41 -- It is a sensor whenever [crank angle].
42 -- Combustion pressure sensor
44 -- EGR passage
44 -- Accelerator opening sensor
50 -- Hydrogen tank
52 -- Hydrogen pump
54 -- Catalytic converter
54 -- Hydrogen passage
57 -- Pressure sensor
58 -- Gasoline high pressure pumping
59 -- NOx sensor

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view showing the outline configuration of the engine 10 equipped with the control device which is one example of this invention.

[Drawing 2] It is a flow chart showing an NOx reduction manipulation routine.

[Drawing 3] It is drawing showing the result of having injected a gasoline and hydrogen by various quantitative ratios, and having investigated the amount of NOx in the exhaust gas at that time.

[Drawing 4] In a 4-cylinder engine, it is the explanatory view having shown signs that an engine rotational speed and an engine output torque changed.

[Description of Notations]

- 10 -- Engine
 - 11 -- Cylinder block
 - 12 -- Piston
 - 16 -- Exhaust manifold
 - 17 -- Crankshaft
 - 20 -- Cylinder head
 - 21 -- Exhaust valve
 - 22 -- Inlet valve
 - 23 -- Ignition plug
 - 30 -- Inlet manifold
 - 31 -- Surge tank
 - 32 -- Inhalation-of-air path
 - 33 -- Air flow meter
 - 34 -- Air cleaner
 - 35 -- Injector
 - 36 -- Throttle valve
 - 37 -- Throttle motor
 - 38 -- EGR valve
 - 39 -- Hydrogen injector
 - 40 -- ECU
 - 41 -- It is a sensor whenever [crank angle].
 - 42 -- Combustion pressure sensor
 - 44 -- EGR passage
 - 44 -- Accelerator opening sensor
 - 50 -- Hydrogen tank
 - 52 -- Hydrogen pump
 - 54 -- Catalytic converter
 - 54 -- Hydrogen passage
 - 57 -- Pressure sensor
 - 58 -- Gasoline high pressure pumping
 - 59 -- NOx sensor
-

[Translation done.]

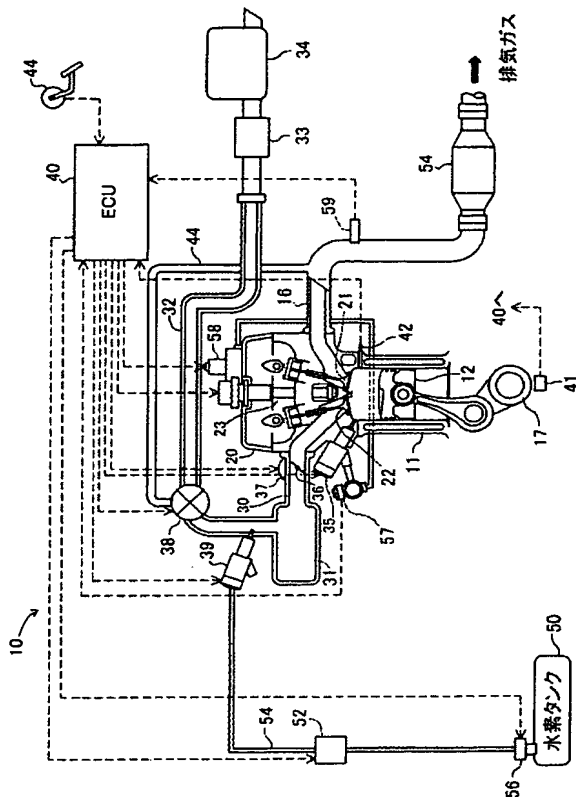
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

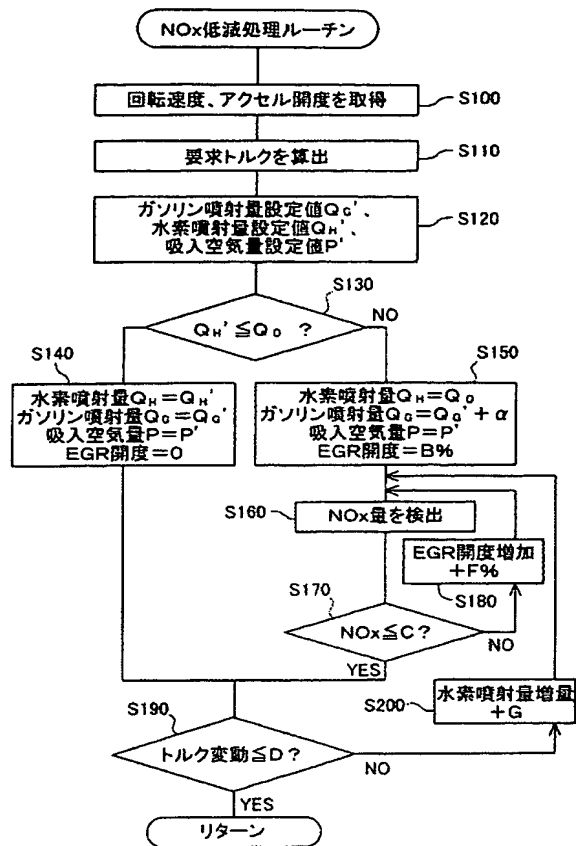
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

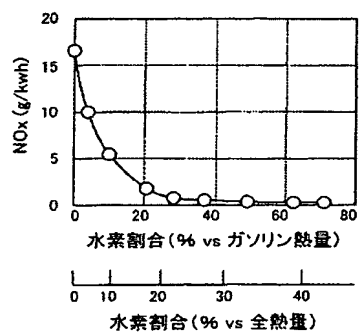
[Drawing 1]



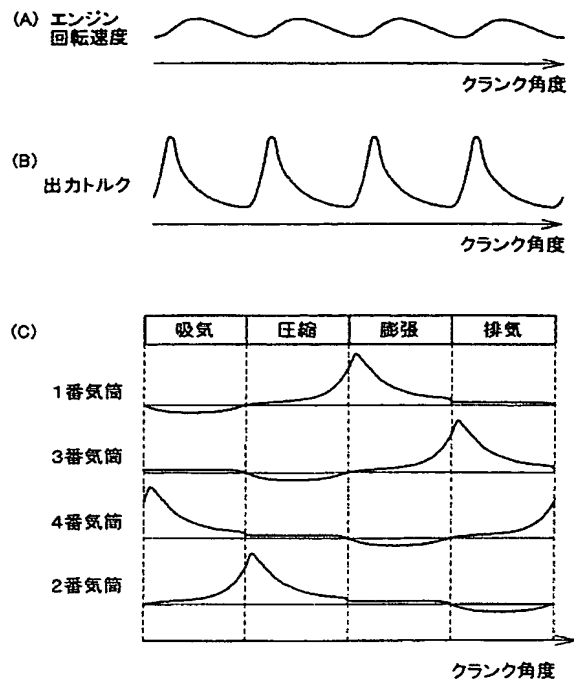
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-116398

(P2004-116398A)

(43) 公開日 平成16年4月15日 (2004.4.15)

(51) Int. Cl. 7		F I		テーマコード (参考)	
F 0 2 D	19/08	F 0 2 D	19/08	C	3 G 0 6 2
F 0 2 D	9/02	F 0 2 D	9/02	R	3 G 0 6 5
F 0 2 D	21/08	F 0 2 D	9/02	S	3 G 0 8 4
F 0 2 D	41/02	F 0 2 D	21/08	3 1 1 Z	3 G 0 9 2
F 0 2 D	41/04	F 0 2 D	41/02	3 2 5 E	3 G 3 0 1
審査請求 未請求 請求項の数 7		O L		(全 1 5 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2002-280878 (P2002-280878)
 (22) 出願日 平成14年9月26日 (2002.9.26)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (72) 発明者 品川 知広
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 Fターム (参考) 3G062 AA03 BA04 BA06 BA08 CA06
 DA01 DA02 EA10 ED01 ED04
 ED10 FA05 FA06 FA23 GA01
 GA04 GA17 GA18

最終頁に続く

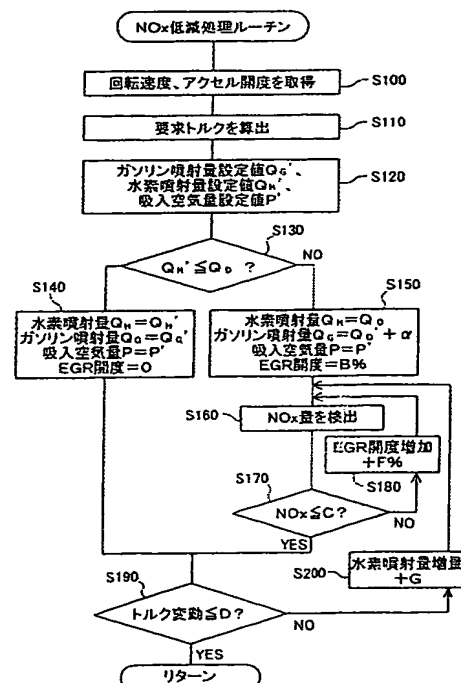
(54) 【発明の名称】 水素利用内燃機関およびその運転方法

(57) 【要約】

【課題】 内燃機関における効率を十分に確保しつつ、排ガス中のNO_xを低減すると共に、水素消費量の増大といった不都合を防止するための技術を提供する。

【解決手段】 エンジンの駆動状態を制御する際には、要求トルクを出力するのに要するガソリン噴射量と水素噴射量を設定する (ステップS120)。これら各噴射量は、両者の割合が、排ガス中のNO_x量が十分に少なくなる条件として予め定めた割合となるように設定される。低負荷状態のときには、上記設定量が実際に噴射されるように、ガソリンと水素の噴射制御を行なう (ステップS140)。高負荷状態のときには、水素噴射量は所定の上限值に抑えて噴射制御を行なうと共に、さらにEGRを行なう (ステップS150)。このとき、NO_x量が所定値を超える場合には、NO_xが十分に低減されるまで、EGRガス量をさらに増加させる (ステップS160～S180)。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃焼の燃料として炭化水素燃料と共に水素ガスを用いる水素利用内燃機関であって、
燃焼室と、
前記燃焼室に炭化水素燃料を供給する炭化水素燃料供給部と、
前記燃焼室に水素ガスを供給する水素供給部と、
負荷要求に応じて、前記炭化水素燃料供給部から供給する炭化水素燃料供給量と、前記水素供給部から供給する水素ガス供給量とを決定する供給燃料量制御部と、
前記燃焼室に内燃機関排ガスの一部を供給する排ガス供給部と
を備え、
前記供給燃料量制御部は、
前記炭化水素燃料供給量に対する前記水素ガス供給量の割合が所定の値となるように前記負荷要求に応じて前記炭化水素燃料供給量および前記水素ガス供給量を設定すると仮定した場合に、水素ガス供給量が所定の上限値以下となるときには前記設定した水素ガス供給量および炭化水素燃料供給量を実際に供給すべき量とし、前記水素ガス供給量が前記所定の上限値を上回るときには前記所定の上限値を実際に供給すべき水素ガス量とし、
前記排ガス供給部は、前記仮定をした場合に前記水素ガス供給量が前記所定の上限値を上回るときに、前記排ガスの供給を行なう
水素利用内燃機関。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の水素利用内燃機関であって、
前記燃焼室から排出される排ガス中の窒素酸化物量を検出する NO_x センサをさらに備え、
前記排ガス供給部は、前記 NO_x センサが検出した窒素酸化物量が所定量を超えると、
前記燃焼室に供給する前記排ガス量をより増加させる
水素利用内燃機関。

20

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の水素利用内燃機関であって、
前記内燃機関が出力するトルクの変動を検出するトルク変動検出部をさらに備え、
前記供給燃料量制御部は、前記トルク変動検出部が検出したトルク変動の大きさが所定の値を超える場合には、実際に供給する水素ガス量をさらに増加させる
水素利用内燃機関。

30

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 いずれか記載の水素利用内燃機関であって、
前記水素供給部は、実質的に他の成分を含有しない水素ガスを供給する
水素利用内燃機関。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 いずれか記載の水素利用内燃機関であって、
前記炭化水素はガソリンであり、
前記炭化水素燃料供給量に対する前記水素ガス供給量の割合である前記所定の値は、熱量比で 20% 以上に相当する値である
水素利用内燃機関。

40

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 いずれか記載の水素利用内燃機関であって、
前記炭化水素燃料の供給量および水素ガス供給量に応じて、前記排ガス中の窒素酸化物量が十分に少なくなる条件として予め定めた量の空気を取り込まれるように、燃焼に用いる空気の吸入量を制御する吸入空気量制御部を、さらに備える
水素利用内燃機関。

【請求項 7】

燃焼の燃料として炭化水素燃料と共に水素ガスを用いる水素利用内燃機関の運転方法であ

50

って、

(a) 前記内燃機関の燃焼室に供給する炭化水素燃料供給量と水素ガス供給量とを、負荷要求に応じて決定する工程と、

(b) 前記 (a) 工程の決定に従って、前記燃焼室に炭化水素燃料を供給する工程と、

(c) 前記 (a) 工程の決定に従って、前記燃焼室に水素ガスを供給する工程と、

(d) 前記燃焼室に対して、該内燃機関から排出された排ガスの一部を所定の条件下で供給する工程と

を備え、

前記 (a) 工程は、

前記炭化水素燃料供給量に対する前記水素ガス供給量の割合が所定の値となるように前記負荷要求に応じて前記炭化水素燃料供給量および前記水素ガス供給量を設定すると仮定した場合に、水素ガス供給量が所定の上限値以下となるときには、前記設定した水素ガス供給量および炭化水素燃料供給量を実際に供給すべき量として決定し、前記水素ガス供給量が前記所定の上限値を上回るときには、前記所定の上限値を実際に供給すべき水素ガス量として決定する工程を含み、

前記 (d) 工程は、前記仮定をした場合に前記水素ガス供給量が前記所定の上限値を上回るときに、前記排ガスの供給を行なう工程を含む

水素利用内燃機関の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃焼の燃料として炭化水素燃料と共に水素ガスを用いる水素利用内燃機関、およびその運転方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

燃料としてガソリンを用いる内燃機関では、ガソリンに加えてさらに水素ガスを供給することによって、燃焼反応における希薄限界を拡大させることができるため、排ガス中の窒素酸化物 (NO_x) のさらなる低減が可能となることが知られている。このように水素を加えて希薄燃焼を行なうと、燃焼温度が低下することにより、内燃機関における熱放出によるエネルギー損失が少なくなり、内燃機関の効率が向上するという効果も得られる。また、希薄燃焼を行なうときには、スロットルバルブをより大きく開くため、内燃機関が吸気を行なう際のエネルギー損失 (ポンプ損失) を低減することができ、このことによって内燃機関の効率向上の効果が得られる。このように、燃料としてガソリンに加えて水素をさらに供給して NO_x の低減を図る場合には、水素供給量の割合をある程度以上に大きくすることで、 NO_x 低減の程度を十分に確保できることが知られている。

【0003】

内燃機関から排出される排ガス中の NO_x を低減するための他の方法として、燃焼室から排出される排ガスを吸気側に再循環 (exhaust gas recirculation, EGR) させる方法も知られている。排ガスを吸気側に再循環させることによって、燃焼温度が低下するため、排ガス中の NO_x 量が低減される。また、このような EGR を行なう際に、空燃比が所定の値をとるある条件下において、ガソリンに加えて水素を供給する動作と同時に行なうことで、排ガス NO_x 量のさらなる低減が可能となる場合があることが開示されている (例えば、特許文献1参照)。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-306750号公報

【特許文献2】

特開昭59-43939号公報

【特許文献3】

特開昭53-70219号公報

10

20

30

40

50

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、水素を供給することで NO_x 低減を図る場合には、供給ガソリン量に対して十分な割合で水素を供給して排ガス中の NO_x 量を低減しようとする、負荷要求が大きいときほど水素供給量を増やすことが必要になってしまう。そのため、ガソリン機関を車両駆動用の動力源として用いる場合のように、負荷変動が大きくかつ準備可能な（搭載可能な）水素量に限りがある場合には、航続距離を確保するために、水素の消費量をできる限り抑えることが求められる。また、EGRによって NO_x 低減を図る場合には、排ガスを吸気側に供給することによって燃焼が不安定となって運転性が悪化したり、出力が低下したりして、効率の低下を引き起こすおそれがあった。

10

【0006】

本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、内燃機関における効率を十分に確保しつつ、排ガス中の NO_x を低減すると共に、水素消費量の増大といった不都合を防止するための技術を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記目的を達成するために、本発明は、燃焼の燃料として炭化水素燃料と共に水素ガスを用いる水素利用内燃機関であって、

燃焼室と、

前記燃焼室に炭化水素燃料を供給する炭化水素燃料供給部と、

前記燃焼室に水素ガスを供給する水素供給部と、

負荷要求に応じて、前記炭化水素燃料供給部から供給する炭化水素燃料供給量と、前記水素供給部から供給する水素ガス供給量とを決定する供給燃料量制御部と、

前記燃焼室に内燃機関排ガスの一部を供給する排ガス供給部と

を備え、

前記供給燃料量制御部は、

前記炭化水素燃料供給量に対する前記水素ガス供給量の割合が所定の値となるように前記負荷要求に応じて前記炭化水素燃料供給量および前記水素ガス供給量を設定すると仮定した場合に、水素ガス供給量が所定の上限値以下となるときには前記設定した水素ガス供給量および炭化水素燃料供給量を実際に供給すべき量とし、前記水素ガス供給量が前記所定の上限値を上回るときには前記所定の上限値を実際に供給すべき水素ガス量とし、

前記排ガス供給部は、前記仮定をした場合に前記水素ガス供給量が前記所定の上限値を上回るときに、前記排ガスの供給を行なうことを要旨とする。

20

30

【0008】

このような構成とすれば、負荷要求が比較的小さいときには、炭化水素燃料供給量に対する水素ガス供給量の割合が所定の値となるように、炭化水素燃料に加えて水素ガスを内燃機関に供給するため、希薄燃焼を行なって排ガス中の NO_x 量を十分に低減することが可能となる。さらに、希薄燃焼を行なうことで、熱放出によるエネルギー損失やポンプ損失を低減して、内燃機関の効率を向上させることができる。また、負荷要求が比較的大きいときには、水素ガス供給量を所定の上限値とするため、水素ガスの消費量を抑えることができる。そして、このように負荷要求が比較的大きいときには、EGRをさらに行なうことで、排ガス中の NO_x 量を十分に低減可能となる。このようにEGRを行なう場合にも、炭化水素燃料に加えてさらに水素ガスを供給することにより、よりリーンな状態で安定して燃焼を行なうことが可能となり、上記内燃機関の効率を向上させる効果を得ることができる。

40

【0009】

本発明の水素利用内燃機関において、

前記燃焼室から排出される排ガス中の窒素酸化物量を検出する NO_x センサをさらに備え、

前記排ガス供給部は、前記 NO_x センサが検出した窒素酸化物量が所定量を超えると、

50

前記燃焼室に供給する前記排ガス量をより増加させることとしても良い。

【0010】

このような構成とすれば、負荷要求が比較的大きいときに、燃焼室に供給する排ガス量を十分に多くすることで、排ガス中の NO_x 量を十分に低減可能となる。このとき、燃焼室に対しては炭化水素燃料に加えてさらに水素ガスを供給するため、排ガス中の NO_x 量が十分に低減されるまでEGRを行なう排ガス量を増やしても、良好な燃焼状態を維持することが可能となる。

【0011】

また、本発明の水素利用内燃機関において、
前記内燃機関が出力するトルクの変動を検出するトルク変動検出部をさらに備え、
前記供給燃料量制御部は、前記トルク変動検出部が検出したトルク変動の大きさが所定の値を超える場合には、実際に供給する水素ガス量をさらに増加させることとしても良い。

10

【0012】

このような構成とすれば、燃焼室に供給される炭化水素燃料や水素ガスの量が、何らかの不都合に起因して不足したり、燃焼室に供給する排ガス量が過剰になることによって燃焼状態が悪化することがあっても、直ちにこのような燃焼状態を改善することができる。

【0013】

本発明の水素利用内燃機関において、
前記水素供給部は、実質的に他の成分を含有しない水素ガスを供給することとしても良い。

20

【0014】

このような構成とすれば、他の成分が燃焼状態を悪化させるおそれがないため、よりリーンな（空燃比の高い）状態であっても支障なく燃焼を行なわせることが可能となり、このように空燃比を高めることで排ガス中の NO_x を低減する効果を十分に得ることが可能となる。ここで、実質的に他の成分を含有しない水素ガスとは、例えば水素濃度が90%以上である水素ガスとすることができる。

【0015】

本発明の水素利用内燃機関において、
前記炭化水素はガソリンであり、
前記炭化水素燃料供給量に対する前記水素ガス供給量の割合である前記所定の値は、熱量比で20%以上に相当する値であることとしても良い。

30

【0016】

このような構成とすれば、実際に供給する炭化水素燃料量に対する実際に供給する水素ガス量の割合が熱量比で20%以上になる場合には、排ガス中の NO_x 量を実質的にゼロにすることが可能となる。

【0017】

本発明の水素利用内燃機関において、
前記炭化水素燃料の供給量および水素ガス供給量に応じて、前記排ガス中の窒素酸化物量が十分に少なくなる条件として予め定めた量の空気が取り込まれるように、燃焼に用いる空気の吸入量を制御する吸入空気量制御部を、さらに備えることとしても良い。

40

【0018】

このように吸入空気量を制御することで、排ガス中の NO_x 量を削減する効果を十分に高めることができる。排ガス中の NO_x 量をより少なくするためには、燃焼室での燃焼反応が支障なく進行する範囲でより空燃比が高くなるように吸入空気量を設定すればよい。このように吸入空気量を制御する際には、例えば、排ガス中の NO_x 量が 1 g/kWh 以下となるように制御することが望ましい。

【0019】

本発明は、上記以外の種々の形態で実現可能であり、例えば、内燃機関の運転方法などの形態で実現することが可能である。

【0020】

50

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

A. 装置の全体構成：

B. 運転の動作：

C. 効果：

D. 変形例：

【0021】

A. 装置の構成：

図1は、本発明の一実施例である制御装置を備えるエンジン10の概略構成を示す説明図である。周知のようにエンジンは、燃焼室内で燃料を燃焼させ、そのときに発生する燃焼熱を機械的仕事に変換して動力として出力することを動作原理としている。図1に示したエンジン10は、車両の駆動用動力源として車両に搭載されており、円筒状のシリンダが設けられたシリンダブロック11と、シリンダブロック11の上部に組み付けられたシリンダヘッド20と、シリンダ内部で摺動可能に組み付けられたピストン12とで燃焼室を形成する。

10

【0022】

シリンダブロック11には、燃焼室内の燃焼圧を検出するための燃焼圧センサ42が設けられている。また、シリンダヘッド20には、燃焼室内に空気を吸入するための吸気弁22と、燃焼室内から排気ガスを排出するための排気弁21と、点火プラグ23と、燃料を噴射するためのインジェクタ35が設けられている。インジェクタ35は、通電制御により開閉駆動されて燃料を噴射する電磁弁である。このインジェクタ35には、圧力センサ57が併設されており、ガソリン高圧ポンプ58で所定の圧力に加圧された燃料が供給されている。インジェクタ35から噴射された燃料は燃焼室内で蒸発し、吸気弁22を介して導入される空気と混合して混合気を形成する。また、シリンダヘッド20には、燃焼室に空気を導くための吸気マニホールド30と、燃焼室から排出された排気ガスを導くための排気マニホールド16とが取り付けられている。

20

【0023】

吸気マニホールド30は、サージタンク31と、吸気通路32とを介してエアクリーナ34に接続されている。外気はエアクリーナ34を通過する際に、エアクリーナに設けられたエレメントによって異物が除去される。エアクリーナ34の下流側の吸気通路32には、吸入空気量を検出するためのエアフロメータ33が設けられている。また、吸気通路32において、エアフロメータ33とサージタンク31との間には、燃焼室から排出された排ガスを導入するためのEGRバルブ38が設けられている。EGRとは、既述したように、燃焼室から排出される排ガスを吸気側に再循環させることであるが、本実施例で実行されるEGRの動作については後に詳しく説明する。さらに、吸気通路32において、EGRバルブ38とサージタンク31の間には、水素ガスを噴射するための水素インジェクタ39が取り付けられている。水素インジェクタ39は、水素流路54を介して、水素を貯蔵する水素タンク50と接続している。水素流路54には水素ポンプ52が設けられると共に、水素タンク50と水素流路54との接続部には圧力センサが設けられており、水素ポンプ52によって所定圧に加圧された水素が、水素インジェクタ39に供給される。水素インジェクタ39は、通電制御により開閉駆動されて水素を噴射する電磁弁である。水素インジェクタ39から噴射された水素は、吸気通路32内の空気と混合して燃焼室に供給される。

30

40

【0024】

サージタンク31の下流側の吸気マニホールド30内には、燃焼室に流入する空気量を調整するためのスロットルバルブ36が設けられている。このスロットルバルブ36は、スロットルモータ37によって開閉駆動され、エンジン10において所望の吸入空気量が実現される。

【0025】

排気マニホールド16は、NO_xセンサ59を備えると共に、触媒コンバータ54に接続

50

されている。エンジン10から排出される排ガスには、空気中の窒素が反応することによって生成される窒素酸化物(NO_x)が含まれ、 NO_x センサ59は、排ガス中の NO_x 量を検出する。触媒コンバータ54は、エンジン10から排出される排ガスを浄化するための触媒を備えている。すなわち、排ガス中の不完全燃焼成分である炭化水素(HC)および一酸化炭素(CO)を酸化すると共に、上記 NO_x を還元する三元触媒を備えている。この触媒の働きによって触媒コンバータ54で浄化された排ガスは、大気中に排出される。

【0026】

さらに、排気マニホールド16には、ここから分岐する流路であるEGR流路44が設けられている。本実施例のエンジン10では、燃焼室に対して、外部から取り入れた吸入空気に加えて、燃焼室から排出される排ガスの一部を環流(EGR)させる運転状態を、選択可能となっている。排ガスの一部は、上記EGR流路44を介して、既述したEGRバルブ38から吸気通路32内に供給され、吸入空気に混合される。このEGRバルブ38の開弁制御を行なうことで、燃焼室に環流させるガス量(EGRガス量)を調節している。

【0027】

ピストン12は、クランク機構を介してクランクシャフト17に接続されている。クランクシャフト17が回転すると、クランク機構の働きによって回転運動が往復直線運動に変換されて、ピストン12がシリンダ内を上下に摺動する。また、ピストン12が上下動する動きは、クランク機構によってクランクシャフト17の回転運動に変換される。排気弁21を閉じ、吸気弁22を開いた状態でピストン12が下降すると、吸気マニホールド30内の空気と燃料とが、吸気弁22から燃焼室内に流入する。次いで吸気弁22を閉じてピストン12を上昇させ、吸入した混合気を圧縮した後、点火プラグ23から火花を飛ばすと、ピストン12によって圧縮された混合気が爆発的に燃焼して、ピストン12を下方に押し下げる。この力はクランク機構によって回転運動に変換されて、クランクシャフト17から動力として出力される。クランクシャフト17の先端には、クランクシャフトの回転位置を検出するためのクランク角度センサ41が設けられている。

【0028】

電子制御ユニット(以下、ECU)40は、燃料噴射制御や、点火時期制御、あるいはEGR制御などの、エンジン10の全体の動作を制御する。このECU40は、中央処理装置(以下、CPU)、ROM、RAM、入出力回路などがバスによって相互に接続されて構成された論理演算回路である。

【0029】

ECU40によるこうした制御は、運転者の操作したアクセル開度や、エンジンの回転速度、吸入空気量などの各種運転条件をECU40が検出し、ROMに格納されている各種プログラムに従って、スロットルモータ37、点火プラグ23、インジェクタ35、水素インジェクタ39などを駆動することによって行われる。アクセル開度は、アクセルペダルに設けられたアクセル開度センサ44によって検出される。エンジン回転速度は、既述したクランクシャフト17に設けられたクランク角度センサ41の検出信号に基づいて算出される。また、吸入空気量は、吸気通路32に設けたエアフロメータ33の検出信号に基づいて求められる。

【0030】

燃料噴射制御とは、燃焼室内に導入される空気量に合わせて適切な量の燃料を噴射することにより、燃焼室内に形成される混合気の空気と燃料との比率(空燃比)を適切な値に保つための制御である。なお、本実施例では、燃料噴射量の制御としては、インジェクタ35から噴射されるガソリン量と共に、水素インジェクタ39から噴射される水素量が制御される。

【0031】

点火時期制御は、ピストン12の上昇に合わせて適切なタイミングで火花を飛ばすための制御である。EGR制御は、燃焼室から排出される排ガスのうちの所定量を燃焼室に環流

10

20

30

40

50

させることによって、排ガス中の NO_x を低減するための制御である。

【0032】

B. 運転の動作：

図2は、本実施例のエンジン10の稼働中に、ECU40において所定の周期で繰り返し実行される NO_x 低減処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンが実行されると、ECU40は、まず、エンジン10の回転速度およびアクセル開度を取得する（ステップS100）。エンジン10の回転速度およびアクセル開度を取得すると、ECU40は、これに基づいてエンジン10における要求トルクを算出して（ステップS110）、ガソリン噴射量、水素噴射量、吸入空気量を、それぞれ Q_G' （cc/st）、 Q_H' （cc/st）、 P' に設定する（ステップS120）。 10

【0033】

図3は、実施例と同様のエンジンにおいて、ガソリンと水素とを種々の量比で噴射して、そのときの排ガス中の NO_x 量を調べた結果を表わす図である。図3では、ガソリンと水との量比を異ならせた各条件においてそれぞれ吸入空気量を変化させて、排ガス中の NO_x 濃度が最も低くなったとき、すなわち吸入空気量（空燃比）が最適となったときの測定値を、その条件における排ガス中 NO_x 量としている。そのため、図3に示した各測定結果では、測定時の空燃比は必ずしも同一ではない。吸入空気量の最適値についてさらに説明する。エンジンに対して、ガソリンに加えてさらに水素を供給すると、より高い空燃比で支障なく燃焼反応が進行可能となる。このとき、支障なく燃焼反応が進行する範囲であれば、できるだけ空気量を増加させた方が、燃焼温度が低下することによって排ガス中の NO_x 量をより低減可能となる。しかしながら、空気量を過剰にってしまうと、失火などの不都合が生じるようになる。そのため、吸入空気量の最適値とは、支障なく燃焼反応が進行する範囲での吸入空気量の最大値としてとらえることができる。 20

【0034】

図3に示すように、吸入空気量（空燃比）を最適値に調節する場合には、ガソリンに対する水素の割合が熱量比で30%以上（全熱量に対する水素の熱量の割合が22%以上）に相当する値のときに、排ガス中の NO_x 量を実質的にゼロにすることができる。そのため、本実施例では、ガソリン噴射量に対する水素噴射量の割合が熱量比で30%となるように、ステップS120においてガソリン噴射量設定値 Q_G' と水素噴射量設定値 Q_H' とを定めている。 30

【0035】

本実施例では、ECU40において、エンジン10における要求トルクと、これに対応するガソリン噴射量、水素噴射量および吸入空気量が、予めマップとして記憶されている。すなわち、エンジン10で熱エネルギーを機械的仕事に変換して所定の要求トルクを得るために必要な燃料量（熱量比が上記値となるガソリン噴射量と水素噴射量）と、このときの吸入空気量の最適値とが、要求トルクに対して予め記憶されている。上記したように、吸入空気量の最適値は、実験的に定めた値である。ステップ120では、ステップS110で算出した要求トルクに基づいて、上記マップを参照してガソリン噴射量設定値 Q_G' 、水素噴射量設定値 Q_H' および吸入空気量設定値 P' を定める。 40

【0036】

次に、ステップS120で設定した水素噴射量 Q_H' と、所定の基準値 Q_0 （cc/st）とを比較する（ステップS130）。ここで基準値 Q_0 とは、水素噴射量の上限值として予め設定してECU40内に記憶させた値である。

【0037】

ステップS130において、水素噴射量設定値 Q_H' が基準値 Q_0 以下であると判断されたときには、水素噴射量 Q_H （cc/st）、ガソリン噴射量 Q_G （cc/st）および吸入空気量 P のそれぞれを、ステップS120で設定した Q_H' 、 Q_G' および P' に決定する。また、EGRバルブ38の開度（EGR開度）をゼロ、すなわちEGRガス量をゼロに決定する。そして、水素インジェクタ39、インジェクタ35、スロットルモータ37、EGRバルブ38に対して、噴射量やガス量が上記の値となるよ 50

うに駆動信号を出力する（以上、ステップS140）。なお、エンジン10における回転速度に対応して、所定の吸入空気量とするためのスロットル開度が予め実験的に設定されて、ECU40内にマップとして記憶されている。そのため、ステップS140では、ステップS100で検出したエンジン回転速度と、ステップS120で決定した吸入空気量Pとに基づいて、上記マップを参照することによってスロットル開度を決定し、スロットルモータ37を駆動している。

【0038】

ステップS140において、上記のように駆動信号を出力すると、ステップS180に移行してトルクの検出を行なう。このステップS180以下の処理については、後に説明する。

【0039】

ステップS130において、水素噴射量設定値 Q' が所定の基準値 Q_0 よりも大きいと判断されると、水素噴射量 Q_H は、上記基準値 Q_0 に決定される。また、ガソリン噴射量 Q_G は、ステップS120で設定されたガソリン噴射量設定値 Q_G' よりも大きな値に決定される（ $Q_G = Q_G' + \alpha$ ）。ここで、ガソリン噴射量設定値 Q_G' に対する増し分である α は、ステップS110で算出した要求トルクを得るために、ガソリン噴射量を補正するためのものである。すなわち、水素噴射量 Q_H を、水素噴射量設定値 Q_H' よりも小さい Q_0 に抑えたことによる出力エネルギーの減少を、ガソリン噴射量の増加によって補うための増し分である。また、吸入空気量Pは、ステップS120で設定したP'に決定される。さらに、EGRバルブ38の開度は、予め定めた所定の開度であるB%に決定される。そして、水素インジェクタ39、インジェクタ35、スロットルモータ37、EGRバルブ38に対して、噴射量やガス量が上記の値となるように駆動信号を出力する（以上、ステップS150）。なお、吸入空気量の制御は、ステップS140と同様に、検出したエンジン回転速度と決定した吸入空気量Pとに基づいて、所定のマップを参照してスロットル開度を決定することによって行なっている。

【0040】

なお、上記の説明では、ステップS120およびステップS130の後に、ステップS140とステップS150のうちのいずれかを行なうこととしているが、実際には、これらの工程はそれぞれ別個に行なうわけではない。エンジン10では、これらの判断が同時に行なわれるように、要求トルクに基づいて水素噴射量を定めるためのマップとして、水素噴射量の上限を最初から Q_0 に抑えて設定したマップが用意されている。すなわち、ガソリン噴射量に対する水素噴射量の割合を熱量比で30%にすると水素噴射量 Q_H' が基準値 Q_0 を超えてしまう場合には、水素噴射量としては Q_0 が、ガソリン噴射量としては水素噴射量を補って要求トルクを実現可能となる量が、それぞれ記憶されているマップが用意されている。そして、このように水素噴射量 Q_H が基準値 Q_0 に設定される要求トルクに対しては、吸入空気量Pについても、そのときの水素噴射量 Q_H とガソリン噴射量 Q_G に応じた量が記憶されている。さらに、エンジン回転速度に基づいてスロットル開度を設定するためのマップとして、EGR開度がB%のときのものを記憶しており、水素噴射量 Q_H が基準値 Q_0 に設定される場合には、このマップを参照してスロットル開度を設定する。

【0041】

次に、NO_xセンサ59から検出信号を取得して（ステップS160）、検出した排ガス中のNO_x量と、所定の基準値C（ppm）と比較する（ステップS170）。ここで、所定の基準値Cとは、排ガス中のNO_x量として許容できる上限値であり、予め設定してECU40に記憶したものである。

【0042】

ステップS170において、排ガス中のNO_x量が所定の基準値C以下であると判断されると、ステップS180に移行してトルクの検出を行なう。このステップS180以下の処理については、後に説明する。

【0043】

10

20

30

40

50

ステップS 1 7 0において、排ガス中のNO_x量が所定の基準値Cよりも大きいと判断されると、EGR開度を、ステップS 1 5 0で決定した開度B%に増加量F%を加えた開度として、改めて決定する(ステップS 1 8 0)。ここで、増加量F%は、EGRガスを増加させる際のEGR開度の最少増加量として、予め設定した値である。このようにEGR開度を改めて決定してEGRバルブ38を駆動すると、その後ステップS 1 6 0に戻って、ステップS 1 6 0以下の処理を繰り返す。このように燃焼室に環流させるEGRガスを増やすと、燃焼温度が低下することで排ガス中のNO_x濃度は低下する。そのため、ここでは、排ガス中のNO_x量が上記基準値C以下になるまで、EGR開度をF%ずつ大きくしていく制御を繰り返す。なお、ステップS 1 8 0においてEGR開度を増加させることで、空燃比が変化するため、吸入空気量の補正を行なう構成も可能である。また、EGR開度を増加させることで、エンジン回転速度と吸入空気量とスロットル開度との対応関係も変化してしまうため、これに対する補正を行なうことも可能である。しかしながら、上記増加量F%は、非常に小さい値が設定されており、吸入空気量に対する影響が少ないため、本実施例では吸入空気量(スロットル開度)の補正は行なわないこととしている。

【0044】

ステップS 1 4 0の後、または、ステップS 1 7 0においてNO_x量が基準値C以下であると判断された後は、エンジン10における出力トルクの検出を行ない、トルク変動の大きさを、基準値D(Nm)と比較する(ステップS 1 9 0)。エンジン10における燃焼状態に支障があると、トルク変動は大きくなる。基準値Dは、エンジン10における燃焼状態が支障なく進行していると判断するための基準値として予め設定して、ECU40に記憶したものである。

【0045】

ここで、エンジン10における出力トルクの検出について説明する。エンジン10では、エンジンの回転速度を計測することによってトルクを検出している。以下に、図4を用いて、トルク検出の原理を簡単に説明する。図4は、4つの燃焼室を備えたいわゆる4気筒エンジンにおいて、エンジンの回転速度や出力トルクが変化する様子を示した説明図である。エンジンの回転速度は、エンジンが定常状態で運転されている場合でも、実際にはクランク角度と共に変動している。このような変動が生じるのは、それぞれの燃焼室において、位相を少しずつ異にしながら、吸気行程、圧縮行程、膨張行程、排気行程が繰り返行なわれていることによる。図4(A)は、クランク角度に対してエンジン回転速度が変動する様子を示している。図4(B)は、クランク角度に対して出力トルクが変動する様子を示している。また、図4(C)には、1番気筒についての4つの工程と、各気筒についての燃焼室内の圧力とが示されている。各気筒では、膨張行程の最初だけがエネルギーを出力する状態となり、他はエネルギーを消費する状態となる。そのため、いずれかの気筒が膨張行程に入るのに伴ってエンジン10の出力トルクは増大し、これによってエンジン回転速度が上昇する。したがって、出力トルクは、エンジン回転速度の変化率に基づいて算出することができる。支障なく燃焼反応が進行する場合には、エンジン回転速度も出力トルクも所定の変動幅の中に収まって変動する。しかしながら、燃焼状態に不具合が生じた場合には、異常が生じた気筒で所望のエネルギーが出力されないことにより、出力トルクは上記所定の変動幅を超える異常な変動を示すようになる。実際には、所定のクランク角度に対応した2点で計測したエンジン回転速度の差異を求め、この差異が所定値以上となることによって、トルク変動の大きさが所定の基準値以上になったと判断することができる。なお、エンジン10の出力トルクは、エンジン回転速度に基づいて検出するほかに、燃焼圧センサ42の検出信号に基づいて検出したり、トルクセンサを設けて直接検出することとしても良い。

【0046】

ステップS 1 9 0において、トルク変動の大きさが基準値D以下であると判断されるときには、本ルーチンを終了する。また、ステップS 1 9 0において、トルク変動の大きさが基準値Dを上回ると判断されるときには、先の工程で決定された水素噴射量に増加量G(

cc/st)を加えた値を、水素噴射量として新たに決定する(ステップS200)。すなわち、このステップS200が、ステップS140において水素噴射量 $Q_H = Q_H'$ と決定した後の工程である場合には、改めて水素噴射量 $Q_H = Q_H' + G$ と決定し直す。また、このステップS200が、ステップS150において水素噴射量 $Q_H = Q_0$ と決定した後の工程である場合には、改めて、水素噴射量 $Q_H = Q_0 + G$ と決定し直す。ここで、増加量Gは、水素噴射量を増加させる際の最少増加量として、予め設定した値である。トルク変動が大きいということは、既述したように燃焼状態に不都合が生じていると考えられるため、本実施例では、水素噴射量を増量することによって、燃焼状態の改善を図っている。

【0047】

ステップS200において水素噴射量 Q_H を増加すると、次にステップS160に戻って、ステップS160以下の処理を実行する。水素噴射量を増加させることにより、燃料量が確保されて燃焼状態は改善されることが考えられるが、燃焼室内は、よりリッチな状態となるため、排ガス中の NO_x 濃度が上昇してしまうおそれがある。そのため、ステップS200において水素噴射量を増加させた後は、排ガス中の NO_x 量を検出して、排ガス中の NO_x 量が許容範囲であるかどうかを確認する。排ガス中の NO_x 量が許容量を超える場合には、環流させるEGRガス量を増量させることで、排ガス中の NO_x 量の低減を図る。このように、トルク変動の大きさの不具合は水素噴射量の増加で改善し、これによる NO_x 量の増加があるときには、EGRガス量の増加によって NO_x 量を改善する。最終的にステップS190においてトルク変動の大きさが基準値D以下になると、本ルーチンを終了する。

【0048】

C. 効果:

以上のように構成された本実施例のエンジン10によれば、水素の消費量を抑えつつ、効率向上と排ガス中の NO_x 低減とを実現することができる。すなわち、燃料としてガソリンに加えて水素を用いるため、よりリーンな状態で燃焼を行なうことができ、排ガス中の NO_x を低減することができる。また、既述したように、熱放出によるエネルギー損失やポンプ損失を抑えて内燃機関の効率を向上させることができる。このとき、低負荷状態(要求トルクが所定値以下)のときには、ガソリン噴射量と水素噴射量とを所定の量比で用いることにより、排ガス中の NO_x 量を極めて少なくすることができる。また、高負荷状態(要求トルクが所定値を超える)のときには、水素の供給量を所定の上限值とするため、水素の消費量を抑えることができる。そして、さらにEGRを行なうことで、排ガス中の NO_x 量を、十分に少なくすることができる。したがって、負荷が大きく変動する場合であっても、全体として水素の消費量を抑えつつ、排ガス中の NO_x 量が十分に少ない状態に保ち、内燃機関の効率が十分に高い状態を維持することができる。

【0049】

D. 変形例:

なお、この発明は上記の実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0050】

D1. 変形例1:

上記実施例では、排ガス中の NO_x 量をほぼ確実にゼロとするために、ガソリン噴射量に対する水素噴射量の割合を、熱量比で30%に相当する値としたが、異なる割合を設定しても良い。例えば、上記熱量比で20%あるいは25%に相当する値となるように、より低い値を設定しても良い。実際には、特に負荷(エンジンにおける要求トルク)が小さいときには、水素噴射量の割合をより低くしても、通常は排ガス中の NO_x 量を十分にゼロに近づけることが可能となる。

【0051】

D2. 変形例2:

上記実施例では、排ガス中の NO_x 量を低減する制御を行なう際に、負荷状態を低負荷状態と高負荷状態との2段階に分けているが、負荷状態をさらに多くの段階に分けることとしても良い。例えば、負荷状態を、低負荷状態と中負荷状態と高負荷状態の3段階に分けて制御を行なっても良い。すなわち、低負荷状態のときには、実施例の低負荷状態と同様に、所望のトルクを出力可能であって、ガソリン噴射量に対する水素噴射量の割合が所定の値（例えば30%）となるように、噴射量を定めて、 NO_x 量の低減を図る。そして、中負荷状態のときには、水素噴射量を第1の上限値に抑えてガソリン噴射量を決定し、 NO_x 量が十分に低減されるようにEGRを行なう。高負荷状態のときには、水素噴射量を、上記第1の上限値よりも大きな第2の上限値に抑えてガソリン噴射量を決定し、 NO_x 量が十分に低減されるようにEGRを行なう。このような構成とすれば、水素噴射量の上限値を複数段設けて、EGRを効率よく行なうことで、水素の消費量を抑える効果をさらに高めることができる。高負荷状態における水素噴射量の上限値は、最大負荷のときに、 NO_x 量が十分に少なくなるまでEGRガス量を増やしても、支障なく燃焼反応を進行することができる量として設定すればよい。そのため、最大負荷に応じて定められるこのような上限値よりも小さな値である第1の上限値を、中負荷状態のときに用いることで、全体として水素消費量を削減することが可能となる。

【0052】

D3. 変形例3：

実施例では、ステップS200で水素噴射量を増加させた後は、排ガス中の NO_x 量を検出して、必要に応じてEGR開度を調節することとしたが、ステップS200の後は、 NO_x 量の検出は行なわない構成も可能である。これは、トルク変動を抑えるために必要な水素追加量は、通常は、 A/F （空気量と燃料量の比）に影響しないほどごくわずかでよいことによる。このように、 A/F に影響しない極めて小さな値に水素増加量Gを設定して、燃焼状態を改善することが可能であり、このときの排ガス中の NO_x 増加量は無視する構成とすることができる。この場合には、ステップS200で水素噴射量を増加させた後は、ステップS190に戻ってトルク変動の大きさを再び確認することとすればよい。

【0053】

D4. 変形例4：

実施例では、排気側には三元触媒を配設することとしたが、三元触媒に代えて酸化触媒を用いることとしても良い。従来、EGRによって NO_x を低減する場合には、燃焼を確保するためにEGRガス量を控える必要があるため、 NO_x 量を十分なレベルにまで低減することは困難であった。したがって、通常は、後段の三元触媒により NO_x をさらに低減していた。本発明に基づき水素添加により燃焼を確保する場合には、 NO_x を十分に低減可能となるように充分量のEGRガスを用いることが可能である。そのため、後段触媒によらずに十分に NO_x を低減できる。なお、この場合にも排ガス中にHCは含有されるが、三元触媒ではなく酸化触媒を用いればよいので、上記のように希薄燃焼を行なう内燃機関に容易に適用できる。

【0054】

D5. 変形例5：

実施例では、ガソリンは燃焼室内に噴射（直噴）し、水素は吸気通路32内に噴射（ポート噴射）することとしたが、種々の変形が可能である。ガソリンの噴射位置と水素の噴射位置のそれぞれについて、直噴とポート噴射のいずれを選択することも可能である。

【0055】

また、実施例では、EGRガスの供給位置を、サージタンク31よりも上流側にして、EGRガスと空気との混合状態を確保しているが、異なる位置からEGRガスを供給することとしても良い。より下流側からEGRガスを供給することとすれば、燃焼室に導入されるガス温度をより上昇させることができ、燃費向上を図ることができる。

【0056】

D6. 変形例6：

実施例では、燃焼室に水素を供給するために水素タンク50を備えることとしたが、ガソ

リンを改質して生成した水素を燃焼室に供給することとしても良い。しかしながら、改質ガスは、通常、水素濃度が21%程度であり、COや窒素をさらに含んでいる。燃焼の燃料としてCOを用いると、燃焼効率の低下につながる。また、窒素（不活性ガス）を含む改質ガスを燃焼室に供給することは、水素とEGRとを同時に入れることと同じとなる。したがって、負荷が比較的小さいときに、水素を加えることで効率を向上させる効果をより充分に得るためには、改質ガスを用いる場合には、内燃機関に供給するのに先立って、COを除去したり、あるいは水素純度を上げる工程を行なうことが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である制御装置を備えるエンジン10の概略構成を示す説明図である。

10

【図2】NO_x低減処理ルーチンを表わすフローチャートである。

【図3】ガソリンと水素とを種々の量比で噴射して、そのときの排ガス中のNO_x量を調べた結果を表わす図である。

【図4】4気筒エンジンにおいて、エンジンの回転速度や出力トルクが変化する様子を示した説明図である。

【符号の説明】

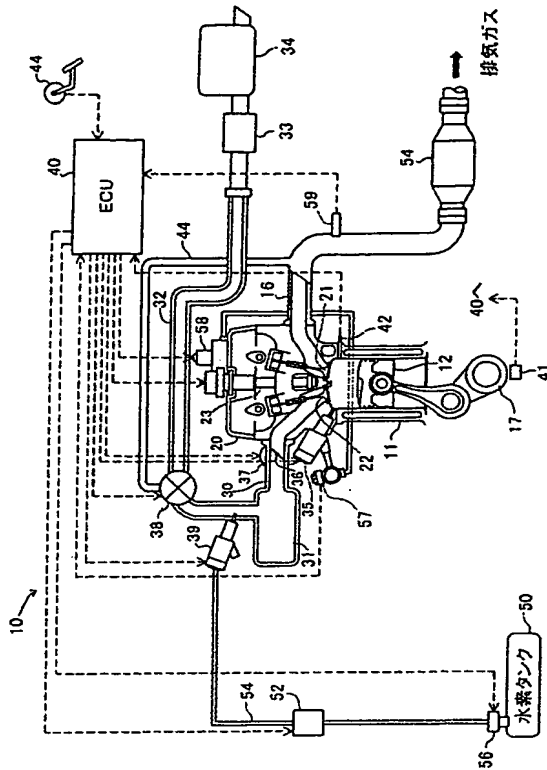
- 10…エンジン
- 11…シリンダブロック
- 12…ピストン
- 16…排気マニホールド
- 17…クランクシャフト
- 20…シリンダヘッド
- 21…排気弁
- 22…吸気弁
- 23…点火プラグ
- 30…吸気マニホールド
- 31…サージタンク
- 32…吸気通路
- 33…エアフロメータ
- 34…エアクリーナ
- 35…インジェクタ
- 36…スロットルバルブ
- 37…スロットルモータ
- 38…EGRバルブ
- 39…水素インジェクタ
- 40…ECU
- 41…クランク角度センサ
- 42…燃焼圧センサ
- 44…EGR流路
- 44…アクセル開度センサ
- 50…水素タンク
- 52…水素ポンプ
- 54…触媒コンバータ
- 54…水素流路
- 57…圧力センサ
- 58…ガソリン高圧ポンプ
- 59…NO_xセンサ

20

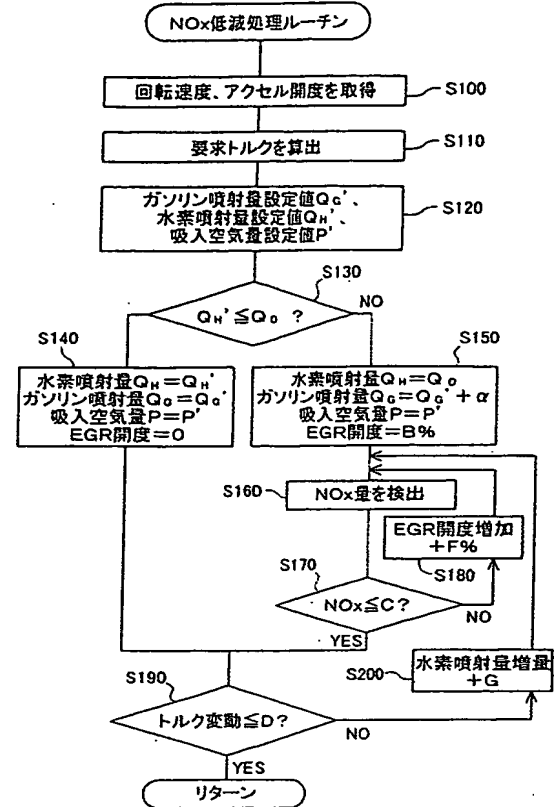
30

40

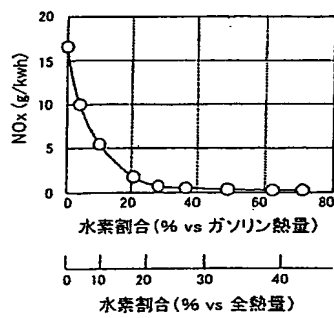
【図 1】



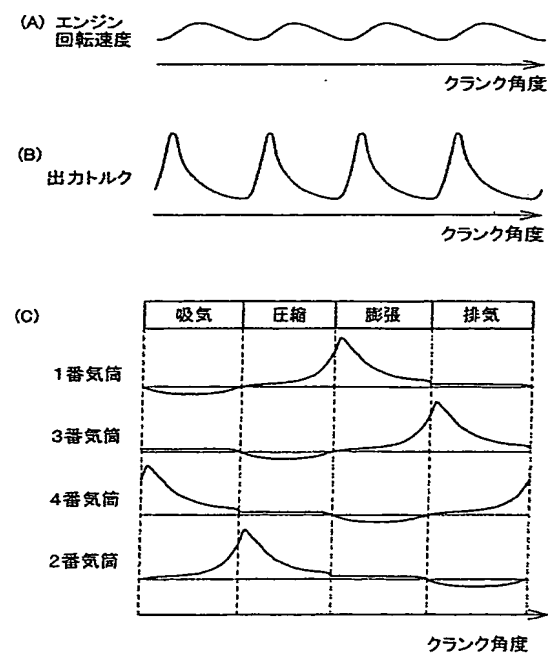
【図 2】



【図 3】



【図 4】



 フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

F 0 2 D 45/00
 F 0 2 M 21/02
 F 0 2 M 25/07

F I

F 0 2 D 41/02 3 2 5 K
 F 0 2 D 41/04 3 0 1 C
 F 0 2 D 41/04 3 1 0 C
 F 0 2 D 45/00 3 1 2 H
 F 0 2 D 45/00 3 6 4 B
 F 0 2 D 45/00 3 6 4 N
 F 0 2 D 45/00 3 6 8 G
 F 0 2 M 21/02 G
 F 0 2 M 21/02 N
 F 0 2 M 25/07 5 5 0 D
 F 0 2 M 25/07 5 5 0 R

テーマコード (参考)

Fターム(参考) 3G065 AA04 CA00 CA12 DA05 DA06 EA08 EA09 FA02 FA12 GA00
 GA05 GA10 GA16 GA46 JA04 JA09 JA11 KA02
 3G084 AA05 BA05 BA13 BA20 CA03 CA04 DA10 EA11 EB08 FA07
 FA10 FA19 FA28 FA32 FA34 FA38
 3G092 AA17 AB07 AB12 BB01 DC03 EA01 EA09 EC09 FA17 GA05
 GA06 HA01Z HC01Z HD04Z HE01Z HE03Z HE07Z HF08Z
 3G301 HA13 HA22 HA24 JA25 KA06 KA08 KA09 LA03 MA11 NA08
 NC02 NE01 NE17 PA01Z PC01Z PD01Z PE03Z PE07Z PF03Z